昆虫学报 *Acta Entomologica Sinica*, December 2005, 48(6):914 - 921　　ISSN 0454-6296

百合科寄主植物对韭菜迟眼蕈蚊的生物效应

薛　明[1]，庞云红[1]，王承香[1]，李　强[2]

（1. 山东农业大学植物保护学院昆虫系，山东泰安　271018； 2. 云南农业大学植物保护学院，昆明　650201）

摘要：室内分别用百合科韭菜、大葱、大蒜和圆葱饲喂韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysia odoriphaga* Yang *et* Zhang 幼虫，研究了 4 种寄主植物对其生长发育和繁殖的影响；用气-质谱联用分析技术，检测了人工合成大蒜素及大蒜、圆葱和韭菜的乙醇提取物的主要化学成分。结果表明，4 种供试寄主植物对韭菜迟眼蕈蚊生长发育和繁殖的影响存在差异，幼虫取食韭菜最有利于其生长发育和繁殖；取食大蒜和圆葱对其生长发育和繁殖表现出明显的不利性，主要表现为幼虫死亡率增加，幼虫期延长，蛹重减轻，单雌产卵量降低；而取食大葱的影响介于取食韭菜与取食大蒜和圆葱之间。大蒜、圆葱的乙醇提取物和人工合成的大蒜素均对韭菜迟眼蕈蚊 1 龄幼虫有不同程度的杀虫活性，大蒜和圆葱的乙醇提取物（干粉，2 g/mL）稀释 100 和 200 倍，处理后 48 h 对 1 龄幼虫的校正死亡率分别达 54.7%、28.0% 和 49.4%、22.7%；10% 大蒜素稀释 500 和 1 000 倍，处理后 48 h 校正死亡率达 100% 和 80.0%。成分分析表明硫醚类化合物可能是大蒜和圆葱中含有的杀虫活性物质之一。

关键词：韭菜迟眼蕈蚊；寄主植物；生长发育；杀虫活性；成分分析

中图分类号：Q968　　文献标识码：A　　文章编号：0454-6296(2005)06-0914-08

Biological effect of liliaceous host plants on *Bradysia odoriphaga* Yang *et* Zhang (Diptera: Sciaridae)

XUE Ming[1], PANG Yun-Hong[1], WANG Cheng-Xiang[1], LI Qiang[2] (1. Department of Entomology, College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Taian, 271018, China; 2. College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China)

Abstract: The effect of the different liliaceous host plants on the growth, development and reproduction of *Bradysia odoriphaga* Yang *et* Zhang was studied by feeding its larvae with four host plants, *Allium tuberosum*, *A. fistulosum*, *A. sativum* and *A. cepa* respectively in the laboratory. The main chemical constituents of garlicin and alcohol extracts from *A. sativum*, *A. cepa* and *A. tubersoum* were analyzed using gas chromatography and mass spectrometry. The results demonstrated that the effect of four host plants on the growth, development and reproduction of *Bradysia odoriphaga* was different. The most favorable food in the four host plants for the growth, development and reproduction of the pest was *A. tubersoum*. When the larvae were fed with *A. sativum* and *A. cepa*, the death rate of the larvae increased, the larval stage prolonged, the pupal weight decreased, and the average fecundity reduced. The insecticidal activities of the alcohol extracts from *A. sativum* and *A. cepa*, and the synthetic garlicin against its first instar larvae were different. When the first instar larvae were treated with the alcohol extract (2 g dry powder/mL) from *A. sativum* and *A. cepa*, which was diluted 100 and 200 times, their corrected mortality after 48 hours was 54.7% and 28.0%, and 49.4% and 22.7%, respectively. However, when the first instar larvae were treated with 10% garlicin, which was diluted 500 and 1 000 times, their corrected mortality after 48 hours was 100% and 80.0%, respectively. Chemical constituent analysis showed that thioether compound might be one of insecticidal substances in *A. sativum* and *A. cepa*.

Key words: *Bradysia odoriphaga* Yang *et* Zhang; host plant; growth and development; insecticidal activity; chemical constituent analysis

韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysia odoriphaga* Yang *et* Zhang 属双翅目眼蕈蚊科（Sciaridae），幼虫俗称韭蛆，是我国北方特色蔬菜韭菜、大蒜、圆葱和大葱的重要地下害虫。该虫在不同种类的寄主植物上发生程度存在

基金项目：山东省科技计划项目(012010106)

作者简介：薛明，女，1961 年 11 月生，教授，博士生导师，现主要从事害虫综合治理方向的研究，E-mail：xueming@sdau.edu.cn

收稿日期 Received：2004-12-12；接受日期 Accepted：2005-08-24

明显差异，以韭菜受害最重（薛明等，2002）。尽管该虫在我国发生危害历史较长（杨集昆和张学敏，1985），但因其虫体小、地下为害，因此研究难度大，至今国内有关研究较少，尤其该虫与寄主植物的相互关系未见报道；国外至今尚无对该虫的研究报道。

植食性昆虫以寄主植物为食而获得生存所必需的营养成分和其他物质，植物为了维持自己的生存演化形成各种防御虫害的方法，寄主植物在与植食性昆虫的协同进化中过程中，产生了相互适应与防御的化学机制，它们在策略上可因类群的遗传性而各不相同。许多研究已证明，植物次生物质在植物对植食性昆虫的化学防御中起重要作用，能引起植食性昆虫忌避、拒食、中毒或干扰其消化和对营养成分的吸收（钦俊德，1987；康乐，1995）。植物对昆虫的化学防御机制是当前迅速发展的化学生态学的重要部分，明确其化学防御的机制，对深入研究昆虫与寄主植物的协同进化理论，实现害虫的生态调控具有重要的意义。本文通过研究韭菜迟眼蕈蚊幼虫取食百合科不同寄主植物对其生长发育、繁殖和死亡率的影响，探明不同寄主间发生程度差异的主要原因，从寄主植物中寻找出有杀虫活性的植物次生代谢产物，为深入研究韭菜迟眼蕈蚊和寄主植物间的互作关系，开发新的杀虫活性物质提供了理论依据。

1　材料和方法

1.1　试虫

韭菜迟眼蕈蚊幼虫2002年春季采自山东省泰安市南关菜园的韭菜田，该地为老菜区，常年露地种植韭菜，韭蛆发生严重。在恒温养虫室内饲以韭菜连续饲养，温度25±1℃，相对湿度80%左右，自然光。

1.2　供试药剂

大蒜素（人工合成）99.99%标准品和95.0%原油购于山东兖州中草药农药厂；10%大蒜素水可溶剂（含2.0%吐温40乳化剂和乙醇溶剂）由本实验室配制。

1.3　幼虫取食不同种类及生长期的寄主植物对其生长发育及繁殖的影响实验

在相同条件下种植韭菜（寿光独根红）、大蒜（苍山蒜）、大葱（章丘大葱）和圆葱（淄博红皮），分别取韭菜假茎，大蒜、大葱和圆葱苗期植株近根部的地下茎，收获前期大蒜的蒜瓣和圆葱头作饲料，在室内用不同食料分别连续饲养韭菜迟眼蕈蚊至第2代。选取第2代初孵化的1龄幼虫为试虫，放入下铺有滤纸保湿的塑料养虫盒中（Φ 3 cm×2cm）单头饲养，分别对应接入上述6种饲料，每一处理分别接80头，分4次重复，另设6种饲料分别饲养的群体作为虫源补充。将试虫置于温度25±1℃，相对湿度80%左右的生化培养箱内饲养。注意保持培养皿内适宜的湿度，及时更换同样的新鲜食料。每天观察2次，记载各处理不同虫态发育历期和存活情况；并于接入初孵幼虫后的48 h和120 h检查存活的幼虫数，分别计算幼虫历期、雌雄蛹期和幼虫存活率、化蛹率（蛹数/老熟幼虫数）、羽化率。待化蛹后，用1/10000分析天平分别称取雌、雄蛹重。成虫羽化后雌雄配对，单对放入下铺有滤纸保湿，并放有韭菜假茎的塑料养虫盒内，让其产卵，观察记录单雌产卵量。待卵孵化后，检查孵化的幼虫数，计算卵的孵化率。所得数据用DPS统计软件进行统计分析。

1.4　寄主植物中杀虫活性物质的提取方法

分别取新收获的大蒜头和圆葱头，去老皮、切片；取新鲜的韭菜假茎，去掉老皮备用。上述材料分别在真空干燥箱内干燥，经万能粉碎机粉碎后，在磨口三角瓶中按1∶3的比例加入无水乙醇浸泡24 h，抽滤后收集滤液，旋转蒸发浓缩提取液，再用无水乙醇定容，配制成2 g干粉/mL（含1.0%吐温40乳化剂）的乙醇提取液。

1.5　杀虫活性测定

将大蒜、圆葱和韭菜的乙醇提取物和大蒜素分别用水稀释成一定浓度，以韭菜饲养的韭菜迟眼蕈蚊为试虫，选取孵化后第2天的1龄幼虫，每20头放入下部铺有滤纸的培养皿（Φ 9 cm）中，用微量移液器吸取500 μL药液，从虫体上方（幼虫聚在一起）滴加到虫体上，以所有试虫虫体都能均匀着药为宜；取长约0.5 cm的韭菜假茎，在药液中浸沾1 s，晾干表面水分后放入皿内做食料；在试虫和饲料上加盖一张滴有300 μL药液的滤纸，使其保持在隐蔽状态下。每一药剂浓度重复4次，以清水处理作对照（同试验浓度的乙醇对照与清水对照无差异）。置于25±1℃恒温培养箱中，注意保持皿内适宜湿度。处理48 h后检查试虫存活情况，计算死亡率和校正死亡率。

1.6　寄主植物提取物中主要化学成分的分析鉴定

人工合成的大蒜素标准品（99.99%），大蒜乙醇提取物、圆葱乙醇提取物和韭菜乙醇提取物样品，由中国科学院化学研究所质谱中心进行气-质联机（QP5050A，日本岛津公司）分析，通过计算机检索鉴定其成分。

1.6.1 气相色谱条件：检测器：FID；色谱柱：SGE-BP50 30 m（柱长）× 0.25 mm（内径）× 0.25 mm（膜厚）石英毛细管柱；进样口：温度250℃；分流方式进样；分馏比1∶9，进样量0.2 μL；色谱柱升温程序：50℃保留1 min，从20℃/min升至200℃，保留10 min；载气为氮气；柱流量0.9 mL/min，总流量10.7 mL/min，柱头压48.4 kPa。

1.6.2 质谱条件：接口温度：250℃；检测器电压：1.0 kV；电离能量：1.0 kV；电离方式：Absolute；测定方式：全扫描；扫描范围：M/Z20-550；扫描速度：500 amu/s；溶剂切除时间：2.5 min。

2 结果与分析

2.1 不同种类及生长期的寄主植物对韭菜迟眼蕈蚊存活的影响

分别以韭菜，苗期的大葱、大蒜和圆葱的地下茎基部，蒜瓣和圆葱头，饲喂韭菜迟眼蕈蚊1龄幼虫，不同处理间累计存活率差异显著，以取食韭菜的存活率最高为68.6%，取食大葱的59.4%，取食蒜苗和圆葱苗的分别为52.7%和55.2%，幼虫取食圆葱头和蒜瓣存活率最低，分别为42.3%和33.1%，但不同处理间幼虫的化蛹率、成虫羽化率和卵的孵化率无明显差异，主要影响幼虫期的存活率（表1）。1龄幼虫取食不同食料，接虫后120 h其存活率大小排列依次为：韭菜 > 大葱 > 圆葱苗 > 蒜苗 > 蒜瓣 > 圆葱头（表2）。从中看出，幼虫取食不同食料对幼虫存活率的影响很大。测定分析结果表明不同种类及生长期寄主植物的主要营养成分和对幼虫的存活率变化之间没有明显的相关性（未发表数据），而不同寄主植物的乙醇提取物与对幼虫的杀虫活性之间有明显的相关性（详见下文），由此说明大蒜和圆葱中可能含有某种对初孵幼虫具有毒杀或对其生长发育不利的物质，这为杀虫物质的研究与开发利用提供了依据。

表1 取食不同种类及生长期的寄主植物对韭菜迟眼蕈蚊存活的影响

Table 1 Effect of different host plants in different developmental period on the survival of *Bradysia odoriphaga*

寄主植物 Host plant	**试虫数** Number of larvae tested	**幼虫期存活率** Larval survival rate (%)	**化蛹率** Pupation rate (%)	**羽化率** Emergence rate (%)	**孵化率** Hatching rate (%)	**累计存活率** Accumulative survival rate (%)
韭菜 Leek	80	87.5 ± 2.9 a	88.6 ± 3.3 a	91.9 ± 3.3 a	96.4 ± 2.2 a	68.6 ± 2.9 a
大葱 Shallot	80	81.3 ± 2.5 b	84.4 ± 3.1 a	90.8 ± 3.7 a	95.9 ± 2.0 a	59.4 ± 3.2 b
蒜苗 Garlic seedling	80	70.0 ± 4.1 c	87.5 ± 3.6 a	89.8 ± 6.7 a	95.8 ± 1.9 a	52.7 ± 4.1 c
圆葱苗 Onion seedling	80	72.5 ± 2.9 c	86.3 ± 4.0 a	92.0 ± 4.6 a	95.9 ± 2.4 a	55.2 ± 3.5 c
蒜瓣 Garlic bulb	80	58.8 ± 2.5 d	85.1 ± 6.9 a	87.5 ± 5.0 a	94.0 ± 1.8 a	42.3 ± 4.9 d
圆葱头 Onion bulb	80	47.5 ± 2.9 e	84.2 ± 8.6 a	88.2 ± 6.7 a	93.9 ± 2.6 a	33.1 ± 5.2 e

表中数据为平均值 ± 标准误，经 Duncan 新复极差检验，同列数据后不同字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著。下同。 The data in the table are mean ± *SE*, and those in the same column followed by different letters are significantly different at $P < 0.05$ level by Duncan's test. The same below.

表2 取食不同种类及生长期的寄主植物对韭菜迟眼蕈蚊幼虫存活率的影响

Table 2 Effect of different host plants in different development period on the larval survival rate of *Bradysia odoriphaga*

寄主植物 Host plant	**试虫数** Number of larvae tested	**幼虫存活率** Larval survival rate (%)	
		48 h	120 h
韭菜 Leek	80	95.0 ± 4.1 a	90.0 ± 4.1 a
大葱 Shallot	80	85.0 ± 4.1 b	82.5 ± 2.9 b
圆葱苗 Onion seedling	80	82.5 ± 2.9 b	76.3 ± 2.5 c
蒜苗 Garlic seedling	80	85.0 ± 4.1 b	72.5 ± 2.9 d
蒜瓣 Garlic bulb	80	80.0 ± 4.1 c	62.5 ± 2.9 e
圆葱头 Onion bulb	80	73.8 ± 2.5 d	52.5 ± 2.9 f

2.2 不同种类及生长期的寄主植物对韭菜迟眼蕈蚊生长发育和繁殖的影响

在韭菜迟眼蕈蚊幼虫期分别饲喂上述4种寄主的地下茎部分、蒜瓣和圆葱头，幼虫发育历期也有较大的差异（表3），以取食韭菜、大葱、圆葱苗和蒜苗的幼虫发育历期短，分别为15.7天、15.6天、15.9天和15.9天；取食蒜瓣和圆葱头的发育历期延长，分别为17.4天和17.0天。幼虫取食蒜瓣和圆葱头对其发育历期有一定延迟作用。幼虫取食不同种类及生长期的寄主植物，对雌、雄蛹的发育历期影响不大，但对雌、雄蛹重和成虫单雌产卵量影响显著。取食韭菜的平均10头雌、雄蛹重分别为14.2 mg和5.6 mg，平均单雌产卵量108.7粒；而取食蒜瓣和圆葱头的平均10头雌蛹重分别为11.5 mg和11.4 mg，平均10头雄蛹重均为5.0 mg，平均单雌产卵量分别为72.0粒和73.2粒，均明显低于前者。取食大蒜苗和圆葱苗的蛹重和单雌产卵量较取食韭菜的也有

明显降低。说明幼虫取食韭菜最有利于该虫的生长发育和繁殖，取食大蒜和圆葱对该虫生长发育和繁殖表现出一定的不利性，尤其以取食蒜瓣和圆葱头最为不利，而取食大葱的影响介于取食韭菜与取食大蒜和圆葱之间。

表 3　不同种类及生长期的寄主植物对韭菜迟眼蕈蚊生长发育及繁殖的影响

Table 3　Effect of different host plants in different developmental period on the growth and development of *Bradysia odoriphaga*

寄主植物 Plant host	试虫数 Number of larvae tested	幼虫历期(天) Larval duration (d)	蛹期(天) Pupal duration (d)		蛹重(mg/10头) Pupal weight (mg)		单雌产卵量(粒) Average fecundity
			♀	♂	♀	♂	
韭菜 Leek	80	15.7±0.3 b	5.3±0.1 a	5.0±0.1 a	14.2±0.2 a	5.6±0.1 a	108.7±6.3 a
大葱 Shallot	80	15.6±0.3 b	5.6±0.1 a	5.0±0.1 a	14.1±0.2 a	5.2±0.2 b	101.2±3.7 a
蒜苗 Garlic seeding	80	15.9±0.3 b	5.6±0.1 a	4.8±0.1 b	13.4±0.3 b	5.1±0.2 b	93.4±2.9 b
圆葱苗 Onion seeding	80	15.9±0.3 b	5.5±0.1 a	4.7±0.2 b	12.9±0.5 b	5.1±0.1 b	90.3±4.7 b
蒜瓣 Garlic bulb	80	17.4±0.3 a	5.3±0.1 a	4.6±0.2 b	11.5±0.4 c	5.0±0.2 b	72.0±8.1 c
圆葱头 Onion bulb	80	17.0±0.4 a	5.3±0.2 a	4.6±0.2 b	11.4±0.5 c	5.0±0.2 b	73.2±8.6 c

2.3　寄主植物乙醇提取物及人工合成大蒜素对韭菜迟眼蕈蚊幼虫的杀虫活性比较

大蒜和圆葱的乙醇提取物对韭菜迟眼蕈蚊 1 龄幼虫均有一定的杀虫活性(表 4)，大蒜乙醇提取物(2 g 干粉/mL)分别稀释 100 和 200 倍，48 h 校正死亡率分别达 54.7%和 28.0%；圆葱乙醇提取物(2 g 干粉/mL)分别稀释 100 和 200 倍，48 h 校正死亡率分别达 49.4%和 22.7%；在相同处理浓度下，圆葱较大蒜的杀虫活性略低。韭菜乙醇提取物(2 g 干粉/mL)稀释 100 倍的处理，其 48 h 校正死亡率接近对照，基本无杀虫活性。10%大蒜素杀虫活性显著，分别稀释 500 和 1 000 倍，处理 48 h 后的校正死亡率分别达 100%和 80.0%。

表 4　大蒜素和寄主植物乙醇提取物对韭菜迟眼蕈蚊 1 龄幼虫的杀虫活性

Table 4　Insecticidal activity of garlicin and the alcohol extracts from host plants against the first instar larvae of *Bradysia odoriphaga*

处理 Treatment	稀释倍数 Diluted times	试虫数(头) Number of larvae tested	死亡率 Death rate (%)	校正死亡率 Corrected death rate (%)
10%大蒜素	500	80	100 a	100 a
10% Garlicin	1 000	80	81.3±2.5 b	80.0±3.1 b
大蒜提取物(2 g/mL)	100	80	57.5±2.9 c	54.7±3.1 c
Garlic alcohol extract	200	80	32.5±2.9 e	28.0±3.1 e
圆葱提取物(2 g/mL)	100	80	52.5±2.9 d	49.4± 3.1 d
Onion alcohol extract	200	80	27.5±2.9 f	22.7±3.1 f
韭菜提取物(2 g/mL)	100	80	7.5±2.9 g	1.4±3.1 g
Leek alcohol extract				
对照 CK	清水 Water	80	6.25±2.5 g	–

2.4　寄主植物提取物中化学成分的气-质谱分析

2.4.1　人工合成大蒜素的成分分析：大蒜素的气相色谱图中共有 4 个色谱峰(图 1)，质谱分析鉴定结果证明，1 号峰是二烯丙基(单)硫醚，含量为 20.18%；2 号和 3 号色谱峰其成分均是二烯丙基二硫醚，含量为 68.59%；4 号峰是二烯丙基三硫醚，含量为 11.22%。以上 3 种物质均为硫醚类化合物，是合成的大蒜素的主要成分，3 种成分的含量占大蒜素总成分含量的 99.99%。

2.4.2　大蒜乙醇提取物活性成分分析：由图 2 可以看出，大蒜乙醇提取物中的组分较多，有 15 个明显的色谱峰。质谱分析鉴定结果证明，色谱峰较高的成分有：2-呋喃-5-甲基羟基糠醛(20.55%)、1，3-二羟基-2-丙醇(15.96%)、呋喃核糖(11.62%)、1，2，3-丙三醇(9.56%)、十六酸(9.28%)、氢过氧化物戊烷(7.34%)、丙三醇(5.21%)、2，3-丁二醇(4.44%)、2，3-二氢-3，5-二羟基-4 氢吡喃(3.59%)、二烯丙基二硫醚(3.07%)和 2-乙基-1-庚醇(2.74%)。在 15 个组分中，与人工合成大蒜素成分相同的仅有二烯丙基二硫醚(6 号峰)。

2.4.3　圆葱乙醇提取物活性成分分析：由图 3 可以看出，圆葱提取物也有 15 个明显的色谱峰。质谱分析鉴定结果证明，含量大于 5%的成分分别为：2-呋喃-5-甲基羟基糠醛(29.13%)、2，3-丁二醇

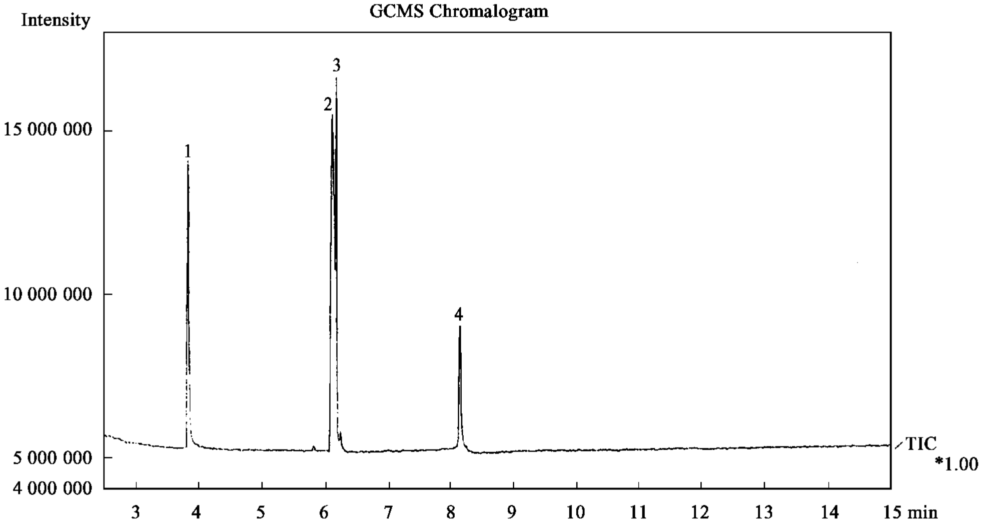

图 1　大蒜素化学成分的气相色谱图

Fig. 1　Gas chromatogram of chemical constituents of synthetic garlicin

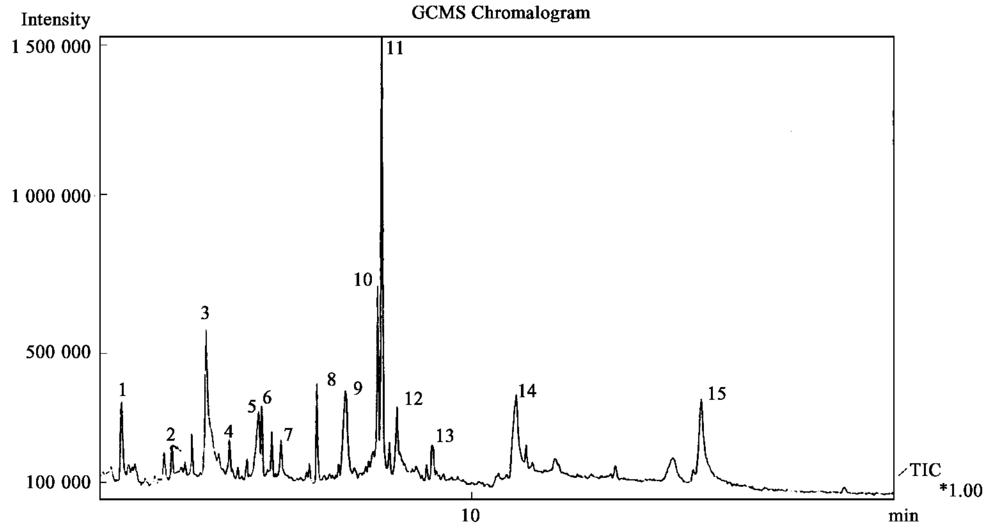

图 2　大蒜乙醇提取物化学成分的气相色谱图

Fig. 2　Gas chromatogram of chemical constituents of the alcohol extract from *Allium sativum*

(11.49%)、十六酸(8.77%)、4-(4-乙基环己基)-1-正丁基环己烯(7.65%)、2,3-二羟基丙醛(7.45%)、呋喃核糖(7.13%)、2-十三烷酮(7.06%)、丙三醇(5.38%)和2-乙基-7-庚醇(5.10%)。与大蒜素和大蒜乙醇提取物中成分相同的仅有二烯丙基二硫醚,含量为2.11%。与大蒜乙醇提取物中成分相同的还有2,3-丁二醇、丙三醇、2-呋喃-5-甲基羟基糠醛、呋喃核糖和十六酸。与大蒜中不同的成分主要有2-十三烷酮、4-(4-乙基环己基)-1-正丁基环己烯、乙酸-2-羟基乙酯和2,3-二羟基丙醛。

2.4.4　韭菜乙醇提取物成分分析:由图4看出,韭菜提取物中有18个明显的色谱峰。质谱分析结果得出,色谱峰较高的成分有:2,3-丁二醇(28.09%)、十六酸(16.42%)、癸酸乙酯(9.53%)、3-戊酮-1-胺(7.53%)、丙三醇(7.5%)、2-呋喃-5-甲基羟基糠醛(5.37%)和己酸(4.83%)。虽然韭菜提取物中的一些成分与大蒜和圆葱提取物的种类或含量不同,结合其杀虫活性结果分析,这些成分与杀虫活性无关。

由以上供试样品的气-质谱分析和生物活性测定分析结果可以看出,硫醚类化合物可能是主要的生物活性物质,因其种类和含量的不同,而导致杀虫活性的差异。合成的大蒜素的主要成分是二烯丙基

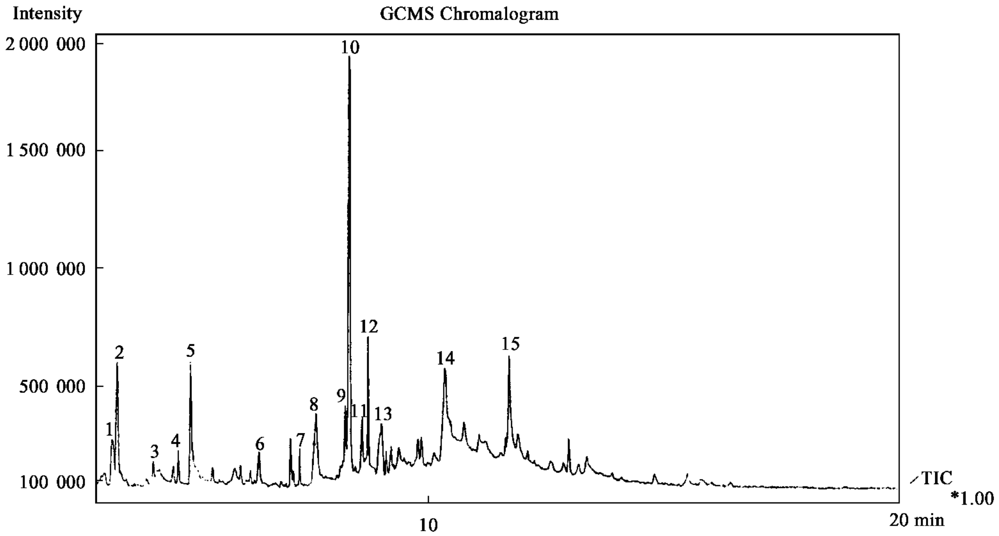

图3　**圆葱乙醇提取物化学成分的气相色谱图**

Fig. 3　Gas chromatogram of chemical constituents of the alcohol extract from *Allium cepa*

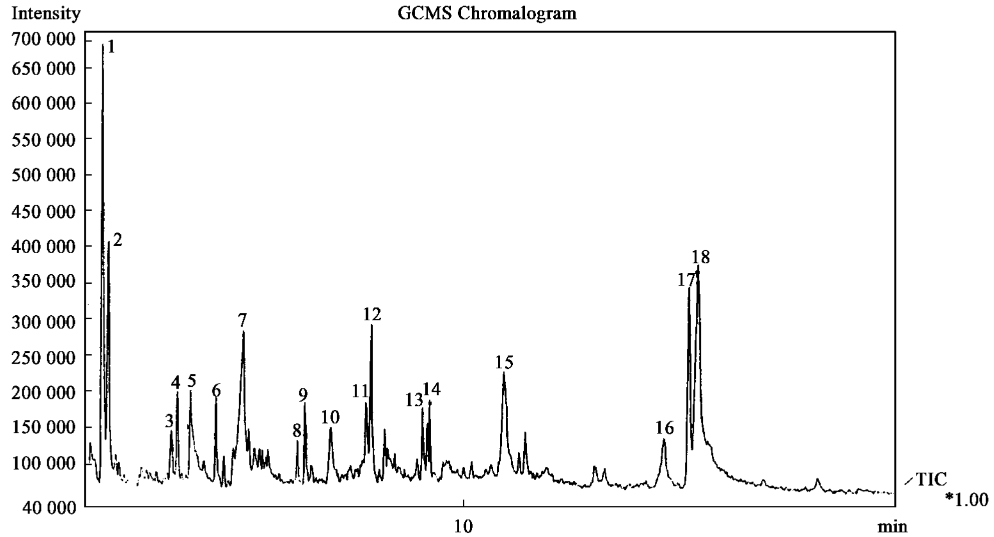

图4　**韭菜乙醇提取物化学成分的气相色谱图**

Fig. 4　Gas chromatogram of chemical constituents of the alcohol extract from *Allium tubersoum*

(单)硫醚、二烯丙基二硫醚和二烯丙基三硫醚3种硫醚类化合物，且杀虫活性较高，经检测在大蒜和圆葱中均含有该成分，而在韭菜中未检测出。至于大蒜和圆葱中是否还含有其他杀虫活性成分尚待进一步研究。

3　讨论

植物自身为了抵抗植食性昆虫的危害，在长期的进化过程中形成了复杂的化学防御体系，主要表现在植物次生物质和植物营养成分在量和性质上的差异，其中植物次生代谢产物是重要的化学防御物质，这些成分随着植物的生长阶段也常有起伏变化（钦俊德和王琛柱，2001）。如棉花中含有两类重要的化学防御物质，类萜烯化合物棉酚对多种害虫有毒害作用，以含棉酚0.5%的蕾饲养棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 幼虫，死亡率在50%以上（轩静渊和王辅，1991）；单宁化合物既可强烈抑制昆虫的生长发育，还可抑制取食（Blytt *et al*.，1988），它们对实夜蛾类（Heliothinae）害虫有毒或有抑制棉铃虫幼虫生长的作用（王琛柱等，1991）。不同的棉花品种中棉酚和单宁的含量存在差异，是影响棉花抗虫

性的重要指标（汤德良等，1996）；而且在同一棉花品种的不同生长时期含量也存在差异（武予清和刘芹轩，1995）。张古忍等（1998）发现粳籼 89 醚溶性抽提物中存在有抑制褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 取食并对褐飞虱有害的物质。本研究发现在百合科的 4 种寄主中，韭菜迟眼蕈蚊幼虫取食苗期圆葱和大蒜较取食韭菜的死亡率明显增加，繁殖力降低；取食蒜瓣和圆葱头对韭菜迟眼蕈蚊生长发育更为不利，尤其小龄幼虫死亡率高，取食 120 h 后存活率仅分别为 62.5%和 52.5%，说明圆葱头和大蒜瓣中含有较高浓度的对韭菜迟眼蕈蚊幼虫不利的物质。以人工合成的大蒜素作对比，测定了不同寄主植物乙醇提取物对韭菜迟眼蕈蚊幼虫的杀虫活性，用气-质谱法分析了大蒜素和几种寄主植物乙醇提取物的化学成分和含量，证明了大蒜和圆葱中均含有与人工合成大蒜素成分相同的硫醚类化合物。大蒜是一种天然食品，具有显著的抗菌消炎和降血脂等保健功能（赵风岭等，1997），大蒜素或大蒜油目前主要作为保健食品或饲料添加剂（梁湘朗和史合群，1997）。秦宝福（2003）报道了大蒜素对棉蚜 *Aphis gossypii* 表现出较好的田间防效作用。鲁玉杰和刘凤洁（2003）报道了大蒜提取物挥发油对几种储粮害虫的杀虫活性。本试验又证明人工合成的大蒜素、大蒜和圆葱中都含有二烯丙基二硫醚，均对韭菜迟眼蕈蚊幼虫有不同程度的杀虫活性，且其幼虫取食大蒜和圆葱都有显著的不利性。大蒜在我国种植面积大，产量占世界第一位，资源丰富，本研究为大蒜作为植物杀虫剂的开发利用提供了理论依据。

植物挥发性物质在昆虫对寄主植物的定向定位、取食、产卵等行为反应中起着重要的作用。许多研究表明，植食性昆虫在寻找寄主阶段，主要通过嗅觉感受器对寄主植物特异性的气味进行识别（Visser，1986）。韭菜迟眼蕈蚊成虫对几种寄主利用嗅觉的产卵选择实验结果表明，在韭菜、大蒜、圆葱、大葱 4 种百合科寄主植物中，韭菜是韭菜迟眼蕈蚊成虫最喜选择产卵的寄主（薛明等，2004）。刘美筠等（1993）提取、分析了韭菜的挥发精油，鉴定出 20 种成分，占精油总含量的 98.59%，其中 18 种为含硫化合物，占精油总含量的 95.02%，并且大部分为二硫和三硫化合物。大蒜、圆葱和大葱挥发性气味中也含有多种含硫化合物（李锡香，1993；钦俊德，1995）。而本试验又证明硫醚类化合物可能是重要的杀虫活性物质。植物产生的它感化合物具有两重性，有时它们是防御性化合物，有时可以是某种昆虫识别寄主的标志化合物或特殊需要的营养物质，它们的作用受到浓度和环境条件的影响（Reese，1979；康乐，1995）。由此推测，硫醚类化合物可能既是韭菜迟眼蕈蚊选择寄主的重要信息物质，又是寄主植物的化学防御物质，其组分和浓度是决定其不同生物效应的主要因素。韭菜迟眼蕈蚊选择寄主植物和其生长发育与含硫化合物的成分和含量的关系还有待进一步研究。

寄主植物可以通过产生有毒的次生代谢产物对植食性害虫进行化学防御，而植食性昆虫则通过各种行为反应和生理解毒机制的演化和发展，克服和适应植物的化学防御因素，其中解毒代谢能力的增强是重要的机制之一（Lindroth，1989；朱麟和古德祥，2000）。我们的研究已发现韭菜迟眼蕈蚊幼虫取食不同寄主植物不仅对其体内生理生化指标产生显著影响，还影响着其对药剂的敏感性，这些结果将另文发表。

参考文献（References）

Blytt HJ，Guscar TK，Bulter LG，1988. Anti-nutritional effects and ecological significance of dietary condensed tannins may not be made to binding and inhibiting digestive enzymes. *J. Chem. Ecol.*，14：145－146.

Kang L，1995. The chemical defenses of plant to phytophagous insects. *Chinese Bulletin of Botany*，12（4）：22－27. ［康乐，1995. 植物对昆虫的化学防御. 植物学通报，12（4）：22－27］

Li XX，1993. Quality of Fresh Fruit and Vegetable and Analytic Procedure. China Agriculture Press. ［李锡香，1993. 新鲜果蔬的品质及其分析方法. 中国农业出版社］

Liang XL，Shi HQ，1997. Development and utilization of garlicin. *Modern Chemical Industry*，6：15－17. ［梁湘朗，史合群，1997. 大蒜素及其开发利用现状. 现代化工，6：15－17］

Liu MY，Wan RZ，Wang JH，1993. Essential oil in *Allium tuberosum* Rottl. et. Spr. *Journal of Shandong Agricultural University*，24（3）：321－327. ［刘美筠，万任忠，王建华，1993. 韭菜精油的研究. 山东农业大学学报，24（3）：321－327］

Lindroth RL，1989. Chemical ecology of the luna moth：effect of host plant on detoxication enzyme activity. *J. Chem. Ecol.*，15（7）：2 020－2 029.

Lu YJ，Liu FJ，2003. Study on effect of garlic and aloe extract against stored-grain insects. *Foodstuff Storage*，32（3）：14－17. ［鲁玉杰，刘凤杰，2003. 大蒜和芦荟提取物防治几种储粮害虫效果的研究. 粮食储藏，32（3）：14－17］

Qin BF，Yuan YH，Yue TL，Liu JD，2003. Applied research on cotton aphis control by garlicin and the others. *Agricultural Science of Shannxi*，（6）：21－22. ［秦宝福，袁亚红，岳田利，刘建党，2003. 大蒜素等药剂防治棉蚜的应用研究. 陕西农业科学，（6）：21－22］

Qin JD，1987. Insect-Plant Relationships. Beijing：Science Press. ［钦俊

德，1987. **昆虫与植物的关系. 北京：科学出版社]**

Qin JD，1995. Studies on insect-plant relationships：recent trends and prospect. *Acta Zoologica Sinica*，41(1)：12 – 20. [**钦俊德，**1995. **昆虫与植物关系的研究进展和前景. 动物学报，**41(1)：12 – 20]

Qin JD，Wang CZ，2001. The relation of interaction between insects and plants to evolution. *Acta Entomol. Sin.*，44(3)：360 – 365. [**钦俊德，王琛柱，**2001. **论昆虫与植物的相互作用和进化的关系. 昆虫学报，**44(3)：360 – 365]

Reese JC，1979. Interactions of allelochemicals with nutrients in herbivore food. In：Rosenthanl GA，Janzen DH eds. Herbivores：Their Interaction With Secondary Plant Metabolites. New York：Academic Press. 309 – 330.

Tang DL，Wang WG，Pei XD，1996. Influence of the contents of secondary in cotton varieties on the growth and development of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Hübner). *Plant Protection*，22(4)：6 – 9. [**汤德良，王武刚，裴鑫德，**1996. **棉花品种次生代谢物质含量差异对棉铃虫生长的影响. 植物保护，**22(4)：6 – 9]

Visser JH，1986. Host odor perception in phytophagous insects. *Ann. Rev. Entomol.*，31：121 – 144.

Wang CZ，Yang QH，Zhou MZ，1991. Effect of allelochemicals from cotton to feeding and development of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* (Hübner). In：Huang KX ed. Proceedings of the First National Plant Protection Congress Attended by Middle-aged and Youth Scientists. Beijing：China Scientech Press. 366 – 372. [**王琛柱，杨奇华，周明**牂，1991. **棉花它感素对棉铃虫幼虫取食及生长发育的影响. 见：黄可训主编. 首届全国中青年植物保护科技工作者学术讨论会论文集. 北京：中国科学技术出版社.** 366 – 372]

Wu YQ，Liu QX，1995. Within-leaf differences in nutritive value and resistance in cotton to *Tetranychus cinnabarinus*. *Acta Gossypii Sinica*，7(2)：109 – 112. [**武予清，刘芹轩，**1995. **棉花叶片营养价值与抗螨性. 棉花学报，**7(2)：109 – 112]

Xue M，Yuan L，Xu ML，2002. The olfactory response of adults to volatiles and comparison of toxicity of different insecticides to the adults and larvae of *Bradysia odoriphaga*. *Chinese Journal of Pesticide Science*，4(2)：26 – 31. [**薛明，袁林，徐曼林，**2002. **韭菜迟眼蕈蚊成虫对挥发性物质的反应及不同杀虫剂的毒力比较. 农药学报，**4(2)：26 – 31]

Xue M，Yuan L，Pang YH，2004. Studies on olfactory response of adults to volatile odor from host plant and the antennal ultrastructure of *Bradysia odoriphaga*. In：Li DM ed. Study on Contemporary Entomology. Beijing：China Agricultural Science and Technology Press. 258 – 260. [**薛明，袁林，庞云红，**2004. **韭菜迟眼蕈蚊成虫对寄主植物的嗅觉反应和触角的超微结构. 见：李典谟主编. 当代昆虫学研究. 北京：中国农业科学技术出版社.** 258 – 260]

Yang JK，Zhang XM，1985. Notes on the fragrant onion gnats with descriptions of two new species of *Bradysia* (Diptera：Sciaridae). *Acta Agriculturae Universitis Pekinensis*，11(2)：153 – 156. [**杨集昆，张学敏，**1985. **韭菜蛆的鉴定迟眼蕈蚊属两新种. 北京农业大学学报，**11(2)：153 – 156]

Zhao FL，Lu MD，Yu H，Zheng Y，1997. The health protection of garlic and extraction of garlic powder. *Journal of Shandong Institute of Light Industry*，11(1)：68 – 70. [**赵风岭，陆明旦，于慧，郑莹，**1997. **大蒜的保健作用及大蒜素的提取. 山东轻工业学院学报，**11(1)：68 – 70]

Zhang GR，Lian B，Gu LQ，Zhou Q，Zhang WQ，1998. Effects of ethanol extracts from susceptible and resistant rice varieties on brown planthopper，*Nilaparvata lugens* (Stål) (Homoptera：Delphicidae). *Acta Entomologica Sinica*，41(2)：215 – 217. [**张古忍，廉斌，古练权，周强，张文庆，**1998. **不同品种的水稻乙醇提取物对褐飞虱的影响. 昆虫学报，**41(2)：215 – 217]

Zhu L，Gu DX，2000. The adaptive strategies of insects to plant alleochemicals. *Chinese Journal of Ecology*，19(3)：36 – 45. [**朱麟，古德祥，**2000. **昆虫对植物次生性物质的适应策略. 生态学杂志，**19(3)：36 – 45]

Xuan JY，Wang F，1991. Conspectus of Plant Resistance to Insects. Chengdu：Sichuan Science and Technology Publishing House. [**轩静渊，王辅，**1991. **植物抗虫性概论. 成都：四川科学技术出版社]**

（责任编辑：袁德成）